



ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 7900 ML AIR LAUT DAN 100 ML AMONIAK PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU RUANG.

Nendi Suhendi Syafei¹, Darmawan Hidayat², Sri Suryaningsih³, Liu Kin Men⁴.

^{1,2,3})Prodi Teknik Elektro, ⁴) Prodi Fisika, FMIPA Universitas Padjadjaran Bandung

¹n.suhendi@unpad.ac.id, ²Darmawan.hidayat@unpad.ac.id,

³sri@phys.unpad.ac.id, ⁴Liu@phys.unpad.ac.id

DOI : 10.24036/eksakta/vol19-iss01/83

ABSTRACT

Pada penelitian pipa baja karbon API 5L-X65 digunakan rumah sampel dengan spesimen tiga titik pembebanan berada lingkungan gas CO₂ dan H₂S jenuh dalam larutan 4900 ml air laut dan 100 ml amoniak, maka akan terjadi peristiwa fenomena korosi yaitu korosi retak tegangan transgranular dan korosi retak tegangan intergranular berdasarkan hasil uji mikrostruktur dan mikroskop terpolarisasi. Dari hasil penelitian bahwa sampel uji dengan variasi bahwa laju korosi terhadap waktu paparan membentuk persamaan polynomial, dan dalamnya crack akan semakin dalam dengan semakin besar tegangan σ yang diberikan pada sampel uji.

Keywords : *korosi retak tegangan, spesimen tiga titik pembebanan, lingkungan.*

PENDAHULUAN.

Penelitian laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B pada di lingkungan gas H₂S kondisi CO₂ jenuh dalam larutan NaCl (Nendi Suhendi Syafei, 2014), laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B di lingkungan gas H₂S dan kondisi CO₂ jenuh dalam larutan NaCl dan larutan asam asetat (Nendi Suhendi Syafei, jurnal Fisika Indonesia no.55, Vol. XIX, edisi Nopember 2015, ISSN. 1410-2994), kajian korosi retak tegangan akibat sweet gas (H₂S dan CO₂) pada pipa baja karbon API 5L-X65 terhadap laju korosi dalam larutan asam asetat (Nendi Suhendi Syafei, 2016; Nendi Suhendi Syafei, Prosiding Semnas Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Malang 4 februari 2017). Karakteristik Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam

Asetat (Nendi Suhendi Syafei, Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi atau SINERGI 2017, Bekasi 9 Mei 2017). Analisis Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat (Nendi Suhendi Syafei, Seminar Nasional SENFA 2017, Balai Sawala Universitas Padjadjaran, 22 Juli 2017). Pengujian Kekerasan dan Uji Tarik Untuk Menentukan Koefisien Pengerasan n Suatu Bahan API 5L-X65. (Nendi Suhendi Syafei, Darmawan Hidayat, Dessy Novita, Bernard Y Tumbelaka, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXXI HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 18 Maret 2017 ISSN : 0853-0823). Analisa fenomena korosi pelat pipa baja karbon API 5L-X65 dalam larutan 250 ml asam asetat dan 4750 aquades pada kondisi gas CO₂ dan H₂S jenuh pada suhu ruang (Nendi Suhendi Syafei, Darmawan Hidayat,

Bernard Y Tumbelaka, Liu Kin Men, Jurnal Eksakta Vol. 18 N0.2, Oktober 2017 halaman 113-120, E-ISSN : 2549-7464, P-ISSN : 1411-3724). Perbandingan Kajian Korosi Retak Tegangan Akibat *Sweet Gas* (H_2S dan CO_2) Pada Pipa Baja Karbon API 5L-X65 Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan Asam Asetat-Amoniak dengan Air Laut dan Dianalisis dengan Menggunakan Metoda Ultrasonik, Penelitian Riset Hibah Fundamental Unpad (RFU-HIU 2017, Nopember 2017, Universitas Padjadjaran). Dalam industri migas bila terjadi korosi retak regangan akan mengakibatkan fatal, yaitu pecahnya pipa sehingga akan mengakibatkan produksi migas akan terhenti.

Dari hasil penelitian pada pipa baja karbon API 5L-X60 yaitu $17H_1S$ akan rentan terhadap korosi retak tegangan. Dan sifat mekanik pipa baja karbon API 5L-X60 terdegradasi menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi retak tegangan dari pada pipa baja karbon. Berdasarkan hasil pengamatan dengan fraktografik bahwa pipa baja karbon akibat proses embrittlement hidrogen akan terjadi korosi retak tegangan, yaitu akibat disebabkan oleh atom hidrogen yang meresap kedalam pipa baja karbon (O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn, 2016).

Ketahanan korosi yang tinggi pada pipa baja karbon tahan karat (super martensit) pada umumnya digunakan dalam industri minyak dan gas, yaitu terutama di lingkungan asam. Namun ada beberapa yang rentan dengan adanya hidrogen dan mekanisme proses korosi akan terjadi dengan adanya H_2S serta tergantung pada pH. H_2S akan berdifusi merembes di sepanjang struktur logam maka akan terbentuk pori logam sulfida karena bereaksi pada permukaan logam, sehingga akan membebaskan hidrogen

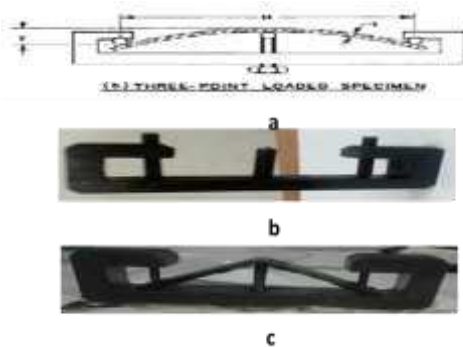
terikat dengan sulfur yang dapat diserapnya dan hidrogen yang ada dalam larutan H_2S secara tidak langsung menyebabkan kegagalan (Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel, 2017).

Hal ini menyebabkan hilangnya sifat mekanik awal terutama ketahanan terhadap patah getas, yaitu berdasarkan perhitungan teknik pada tahap desain pipa. Pada waktu bersamaan korosi retak tegang telah diidentifikasi sebagai salah satu kegagalan dominan pada pipa baja karbon di lingkungan lembab, yaitu akan menyebabkan pecahnya pipa transmisi gas bertekanan tinggi serta kerugian ekonomi yang serius dan bencana.(O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn, Procedia Structural Integrity 2 (2016) 509–516. 20-24 June 2016).

METODE PENELITIAN

Untuk membuat rumah sampel (holder) uji korosi diperlukan lembaran baja berupa pelat atau flat extruded section yang berpenampang lintang persegi panjang, dan selain itu dapat juga digunakan besi cor atau besi dalam bentuk balok seperti terlihat pada gambar 1. Bahan sampel uji korosi API 5L-X65 yang akan diuji ditipiskan dalam bentuk pelat tipis kemudian ditekuk pada kedua ujungnya sehingga mendapatkan tegangan, dan besarnya regangan dapat diatur dengan memberikan lendutan melalui skrup yang digerakkan dengan ulir seperti pada gambar (1.b) untuk menentukan defleksi y. Dan penelitian ini menggunakan sampel uji korosi berukuran panjang 12,5 cm, lebar 2 cm dan tebalnya 2 mm (gambar 2) disimpan pada holder spesimen tiga titik pembebanan seperti pada gambar (1.a), gambar (1.b) rancangan bentuk holder dan

sampel uji (gambar 2) ditebuk seperti pada gambar (1.c) dimasukkan kedalam ruang chamber uji korosi (gambar 3) dengan 2 variasi defleksi seperti pada gambar (1.c) (Nendi Suhendi Syafei, 2016).



Gambar 1. Bentuk holder dan pemasangan spesimen uji.

Penelitian sampel uji korosi (seperti pada gambar 2) yang tersimpan dalam holder (gambar 1.c) diisi larutan asam asetat 250 ml dan 4750 ml aquades seperti ditunjukkan pada gambar 3. Populasi sampel uji korosi setiap variasi waktu terdiri dua buah sampel uji dengan 2 variasi defleksi, dan baik berat sampel uji sebelum diuji korosi dan berat sampel sesudah diuji korosi ditimbang beratnya.



Gambar 2. Sampel uji korosi pelat API 5L-X65 diberi crack awalnya.



Gambar 3. Chamber uji korosi. (tabung berwarna putih berisi gas H₂S dan tabung berwarna hitam berisi CO₂) pada suhu ruang..

Uji tarik adalah uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk

mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya bahwa bahan uji ditarik sampai putus dan biasanya yang menjadi fokus adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban tarik, dan kemampuan/kekuatan tarik maksimum ini umumnya disebut "*Ultimate Tensile Strength (UTS)*". Perubahan panjang dalam kurva disebut sebagai regangan teknik (ϵ), yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (ΔL) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik (σ), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0) seperti gambar 4. Tegangan normal tersebut akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

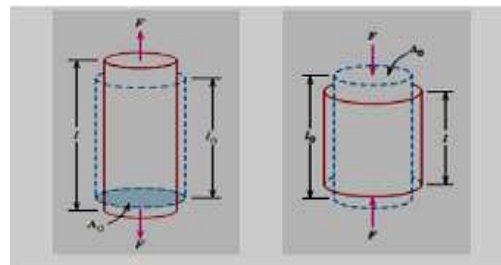
$$\sigma = F/A_0 \quad (1)$$

dengan :

σ = Tegangan normal akibat beban tarik statik (N/mm²)'

F = Beban tarik (N).

A_0 = Luas penampang spesimen mula-mula (mm²) seperti gambar 3.



Gambar 4. Prinsip dasar tegangan/stress. (Callister, D. William 2007).

Regangan akibat beban tarik statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$\epsilon = \Delta L / L \quad (2)$$

dengan:

$\Delta L = L - L_0$, ϵ = Regangan akibat beban tarik statik.

L = Perubahan panjang spesimen akibat beban tarik (mm).

L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm).

Spesimen berbentuk keping datar mempunyai dimensi lebar, panjang, dan ketebalan spesimen biasanya ditentukan, dan penyangga spesimen sampel uji dikedua ujung ditahan kemudian ditebuk/ditekan dengan sekrup (dilengkapi dengan bola) dimana penyangga pendorong berada ditengah seperti pada gambar (1.a) dan (1.b). Dimensi spesimen sampel yang digunakan dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan, tetapi diperkirakan dimensinya secara proposional. Perhitungan regangan elastik seperti pada persamaan berikut :

$$\sigma = 6 E t y / H^2 \quad (3)$$

dengan:

σ = Tegangan tarik maksimum (N/m^2).

E = modulus elastisitas (N/m^2).

t = ketebalan spesimen (mm)

y = defleksi maksimum (mm).

H = jarak antara penyangga luar (mm) dan defleksi kecil (y / H kurang dari 0,1) seperti ditunjukkan pada gambar (1.a). Spesimen keping datar dengan 25-51 mm (1-2 inci), panjang 127-254 mm (5 - 10 inci) dan ketebalan spesimen uji bahan yang digunakan seperti pada gambar 2.

Data yang diperoleh berdasarkan berat sebelum dan sesudah diuji korosi dari sampel uji, yaitu untuk menghitung laju korosinya. Kemudian sampel uji tersebut diuji menggunakan mikrostruktur, yaitu untuk melihat pola struktur pelat baja karbon. Penelitian ini

perlu dikembangkan dengan menggunakan metoda ultrasonik untuk mengetahui panjang crack yaitu berdasarkan pantulan gelombang yang mengenai permukaan plat baja karbon.

Sampel pelat baja karbon API 5L-X65 pada holder dimasukkan kedalam ruang chamber uji korosi, kemudian diisikan gas CO_2 hingga kondisi jenuh lalu diisikan gas H_2S selama 10 menit. Data perhitungan laju korosi sampel uji dalam ruang chamber diisi gas H_2S selama 10 menit dengan variasi waktu paparan 720 jam, 1080 jam, 1440 jam dengan defleksi 0,5 cm, 1,0 cm 1,5 cm seperti pada tabel 1 dan data perhitungan regangan σ seperti pada tabel 2. Tabel 3 data grafik laju korosi terhadap dalamnya crack, dan tabel 4 data grafik dalamnya crack terhadap regangan menggunakan persamaan (3) diperoleh seperti pada tabel 1.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian.

Tabel 1. Data perhitungan laju korosi sampel uji.

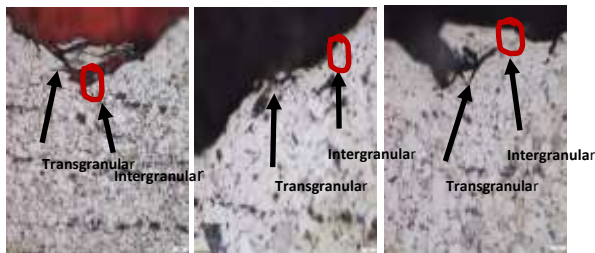
No.	M awal (gr)	M akhir (gr)	PH awal	PH akhir	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Waktu Paparan (Jam)	Laju Korosi (mmpy)
A-1	52.99	52.96	14	10	13.1	2.42	2.4	336	0.031388956
A-2	53.73	53.53	14	10	13.1	2.42	2.4	336	0.209259709
A-3	53.18	52.69	14	10	13.1	2.42	2.4	336	0.512686287
B-1	53.21	52.76	14	9	13.1	2.42	2.4	672	0.235417172
B-2	53.29	52.65	14	9	13.1	2.42	2.4	672	0.334815534
B-3	53.96	52.76	14	9	13.1	2.42	2.4	672	0.627779127
C-1	53.33	52.95	14	9	13.1	2.42	2.4	1008	0.132531149
C-2	53.13	52.7	14	9	13.1	2.42	2.4	1008	0.149969458
C-3	53.26	52.63	14	9	13.1	2.42	2.4	1008	0.219722694

Tabel 2. Data perhitungan tegangan σ .

No	E (N/m^2)	t (m)	y (m)	H (m)	H ² (m^2)	σ (N/m^2)
1	2.05E+11	0.0022	0.005	0.0946	0.00894916	1511873740
2	2.05E+11	0.0022	0.01	0.0946	0.00894916	3023747480
3	2.05E+11	0.0022	0.015	0.0946	0.00894916	4535621220

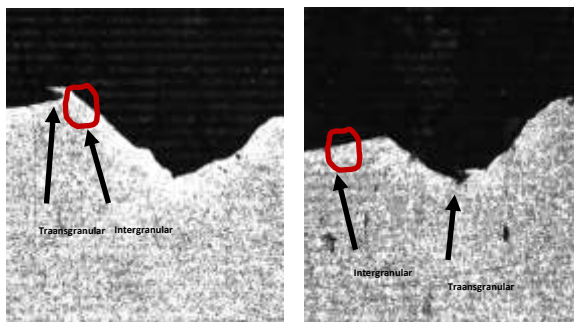
Tabel 3. Data grafik laju korosi terhadap waktu paparan dengan defleksi yang sama.

No.	Defleksi (cm)	Laju Korosi (mmpy)	Waktu Paparan (jam)
1	0.5	0.031388956	336
2	0.5	0.235417172	672
3	0.5	0.132531149	1008
4	1	0.209259709	336
5	1	0.334815534	672
6	1	0.149969458	1008
7	1.5	0.512686287	336
8	1.5	0.627779127	672
9	1.5	0.219722694	1008



(a) C3. (b) A1. (c) B1.

Gambar 5. Hasil mikrostruktur terjadi korosi retak tegangan transgranular dan intergranular (garis merah), (a) sampel C3, (b) sampel A1 dan (c) sampel B1.

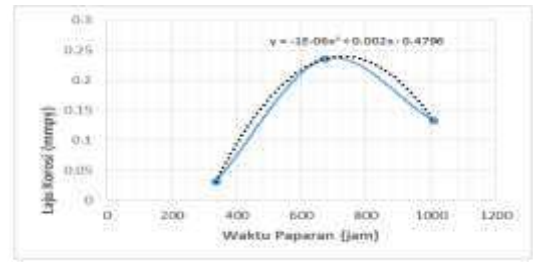


(a) B3. (b) C3.

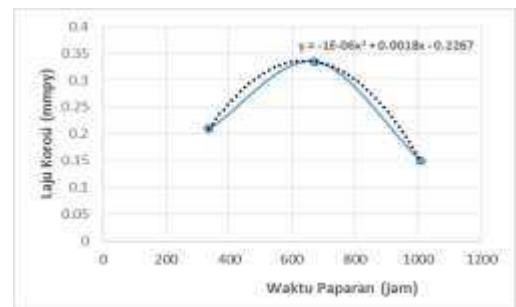
Gambar 6. Hasil mikroskop terpolarisasi terjadi korosi retak tegangan transgranular dan intergranular (garis merah), (a) sampel B3 dan (b) sampel C3.

Grafik laju korosi terhadap waktu paparan dengan defleksi yang sama berdasarkan tabel 3 ditunjukkan pada gambar 6. Dan grafik dalamnya crack

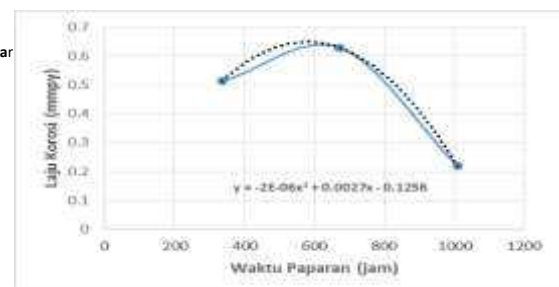
terhadap defleksi y berdasarkan tabel 4 ditunjukkan pada gambar 7.



(1) Defleksi 0,5 cm.



(2) Defleksi 1,0 cm.

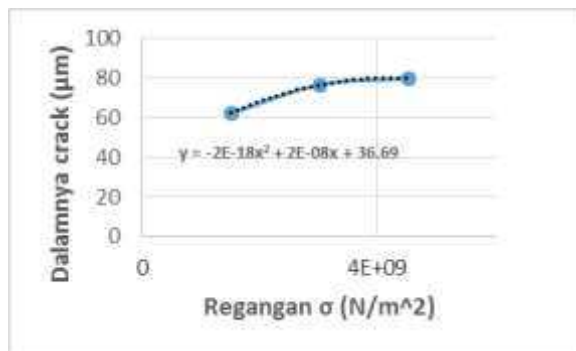


(3) Defleksi 1,5 cm.

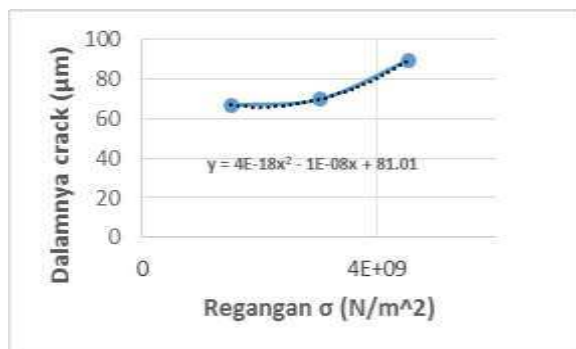
Gambar 6. Grafik laju korosi (mmpy) terhadap waktu paparan (jam) dengan defleksi yang sama.

Tabel 4. Data grafik dalamnya crack (μm) terhadap regangan σ dengan defleksi yang sama.

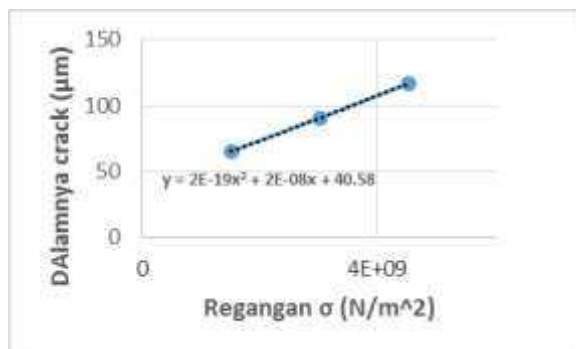
No.	σ (N/m ²)	Dalamnya Crack (μm)
1	1511873740	62.36
	3023747480	76.76
	4535621220	79.89
2	1511873740	66.98
	3023747480	69.93
	4535621220	89.86
3	1511873740	65.32
	3023747480	90.79
	4535621220	116.99



(1) Waktu paparan 336 jam



(2) Waktu paparan 672 jam.



(3) Waktu paparan 1008 jam.

Gambar 7. Grafik dalamnya crack (μ m) terhadap regangan σ dengan defleksi yang sama.

2. Pembahasan.

Berdasarkan dari tabel 1 dan tabel 3 bahwa laju korosi terhadap variasi waktu paparan dengan defleksi y yang sama besar membentuk fungsi polinomial seperti ditunjukkan pada gambar 3. Dan berdasarkan tabel 4 bahwa dalamnya crack semakin dalam dengan semakin besar tegangan σ yang diberikan pada sampel uji seperti ditunjukkan pada gambar 7.

Berdasarkan mikrostruktur seperti pada gambar 4 dan berdasarkan mikroskop terpolarisasi seperti pada gambar 6 bahwa terjadi fenomena korosi retak tegangan transgranular dan intergranular.

KESIMPULAN

Bahwa sampel uji dari pelat baja karbon API 5L-X65 berada dalam larutan 4900 ml air laut dan 100 ml amoniak dalam kondisi gas CO_2 dan H_2S jenuh, berdasarkan hasil uji mikrostruktur terjadi peristiwa korosi retak tegangan transgranular dan intergranular.

Laju korosi terhadap variasi waktu paparan untuk defleksi yang sama seperti pada gambar 6 membentuk persamaan polinomial yaitu $Y = -1E-0,6x^2 + 0,002x - 0,4796$ untuk defleksi 0,5 cm, $Y = -1E-0,6x^2 + 0,0018 - 0,2267$ untuk defleksi 1,0 cm dan $Y = -2E-0,6x^2 + 0,0027x + 0,1256$ untuk defleksi 1,5 cm (Y adalah laju korosi dan x adalah waktu paparan).

Dalamnya crack akan semakin dalam dengan tegangan σ semakin besar yang diberikan pada sampel uji seperti pada gambar 7 membentuk persamaan polinomial yaitu $Y = -2E-18x^2 + 2E-08x + 36,69$ untuk waktu paparan 336 jam, $Y = 4E-18x^2 - 1E-08x + 81,01$ untuk waktu paparan 672 jam dan $Y = -2E-19x^2 + 2E-08x + 40,58$ untuk waktu paparan 1008 jam (Y adalah dalamnya crack dan x adalah regangan σ).

DAFTAR PUSTAKA

- Nendi Suhendi-Sri Suryaningsih-Otong Nurhilal. (Nopember 2014), "Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H_2S dan CO_2) pada Pipa Baja Karbon", FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Nendi Suhendi Syafei, Sri Suyaningsih, Otong Nurhilal, Febi Luthfiani. (Ed. Nov 2015), "Analisa Regangan (Stress) Pada Pipa Baja Karbon API 5L GradeB Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan NaCl dan Asam

- Asetat". Jurnal Fisika Indonesia No. 56 Vol. XIX ISSN 1410-2994.
- Nendi Suhendi Syafei-Zaida-Liu Kin Men.(Desember 2016). "Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H₂S dan CO₂) pada pipa baa karbon API 5L-X65 terhadap Laju Korosi dalam Larutan Asam Asetat dan Dianalisis dengan Metoda Ultrasonik", Program Studi Teknik elektro FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Nendi Suhendi Syafei - Darmawan Hidayat - Bernard Y Tumbelaka – Zaida - Liu Kin Men. (4 Februari 2017), "Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat", Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, ITN Malang, hal. D12.1-D12.5, ISSN 2085-4218.
- Nendi Suhendi Syafei, Darmawan Hidayat, Dessy Novita, Bernard Y Tumbelaka, Pengujian Kekerasan dan Uji Tarik Untuk Menentukan Koefisien Pengerasan n Suatu Bahan API 5L-X65, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXXI HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 18 Maret 2017 ISSN : 0853-0823.
- Nendi Suhendi Syafei-Darmawan Hidayat-Bernard Y Tumbelaka-Muhammad taufik. (9 mei 2017), "Karakteristik Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat", Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi (Seinergi) Unisma Bekasi, hal.33-39, ISSN:2527-3108.
- Nendi Suhendi Syafei-Darmawan Hidayat-Bernard Y Tumbelaka-Liu Kin Men, Analisa fenomena korosi pelat pipa baja karbon API 5L-X65 dalam larutan 250 ml asam asetat dan 4750 aquades pada kondisi gas CO₂ dan H₂S jenuh pada suhu ruang, Eksakta Vol. 18 N0.2,Oktober 2017, halaman 113-120,E-ISSN:2549-7464, P-ISSN : 1411-3724.
- Nendi Suhendi Syafei,-Liu Kin Men, Perbandingan Kajian Korosi Retak Tegangan Akibat Sweet Gas (H₂S dan CO₂) Pada Pipa Baja Karbon API 5L-X65 Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan Asam Asetat-Amoniak dengan Air Laut dan Dianalisis dengan Menggunakan Metoda Ultrasonik, Penelitian Riset Hibah Unpad (RFU-HIU 2107, Universitas Padjadjaran).
- O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn. (2016), "Stress corrosion cracking of gas pipeline steels of different strength", 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy. Procedia Structural Integrity 2 509–516.
- Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel.(2017). "Sulfide stress corrosion study of a super martensitic stainless steel in H₂S sour environments: Metallic sulfides formation and hydrogen embrittlement", Applied Surface Science 394 132–141.